

PAT-NO: JP02003033096A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003033096 A

TITLE: DEVICE AND METHOD FOR  
CONTROLLING ROTATIONAL SPEED OF  
SYNCHRONOUS RELUCTANCE  
MOTOR

PUBN-DATE: January 31, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
CHEONG, DAL-HO	N/A
OH, JAE YOON	N/A
LEE, KYUNG HOON	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
LG ELECTRONICS INC	N/A

APPL-NO: JP2002201814

APPL-DATE: July 10, 2002

PRIORITY-DATA: 2001200141275 ( July 10, 2001)

INT-CL (IPC): H02P021/00

**ABSTRACT:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a rotational speed controller for synchronous reluctance motor that can perform rotor-position detecting sensor-less speed control on a synchronous reluctance motor so that the degree of precision of the speed control may be maintained against load variation in both low-speed and high-speed regions.

**SOLUTION:** The rotating speed controller includes a stopping/synchronizing coordinate transforming section 42 which outputs signals to second and third comparators 33 and 35, and a magnetic flux observing section 43 after detecting a two-phase current and an actual magnetic flux from a three-phase current outputted to the synchronous reluctance motor 41 and the magnetic flux observing section 43 which outputs a magnetic flux upon receiving the outputted two-phase current and two component voltages of a stopping coordinate system outputted from a synchronizing/stopping coordinate transforming section 38. This controller also includes a position estimating section 45 which estimates the magnetic flux angle and rotational speed of the rotor of the motor 41 required for controlling the motor 41 to a high speed by utilizing the outputted magnetic flux, and a low-speed control section 44 which estimates the

magnetic flux angle of the rotor required for controlling the motor 41 to a low speed and outputs the estimated magnetic flux angle to the transforming section 38.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-33096

(P2003-33096A)

(43) 公開日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

(51) Int.Cl.

H 0 2 P 21/00

識別記号

F I

H 0 2 P 5/408

キーワード(参考)

C 5 H 5 7 6

審査請求 有 請求項の数23 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2002-201814(P2002-201814)

(22) 出願日 平成14年7月10日 (2002.7.10)

(31) 優先権主張番号 2001-041275

(32) 優先日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 590001669

エルジー電子株式会社

大韓民国, ソウル特別市永登浦区汝矣島洞  
20

(72) 発明者 チョン ダルーホ

大韓民国, ソウル, マポグ, ドーワ 1  
ードン, 357, ヒュンデ アパートメント  
104-408

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外4名)

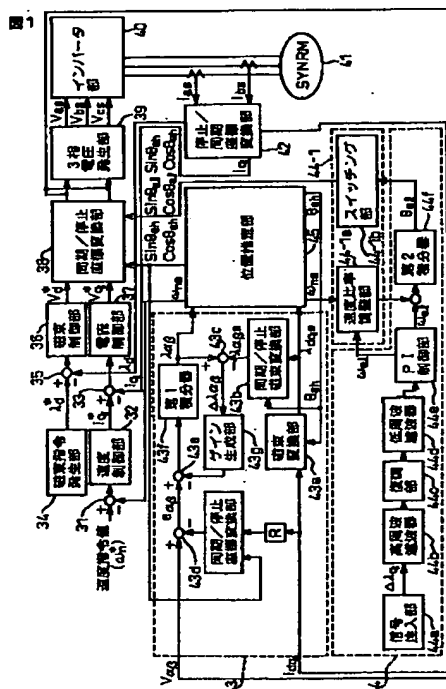
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 同期リラクタンスモータの回転速度制御装置及びその方法

(57) 【要約】

【課題】 同期リラクタンスモータの回転子位置検出センサレス速度制御において、負荷の変動に対して低速と高速の両方の領域で速度制御の精度度を維持させるように制御し得る同期リラクタンスモータの回転速度制御装置を提供する。

【解決手段】 同期リラクタンスモータ41に出力された3相電流から2相電流と実際磁束を検出した後に、第2、第3比較器33、35及び磁束観測部43に信号を出力する停止/同期座標変換部42と、上記の出力された2相電流及び同期/停止座標変換部38から出力された停止座標系の2つの成分電圧を受けて、磁束を出力する磁束観測部43と、前記の出力された磁束を利用して、モータを高速に制御するための回転子の磁束角及び回転子の回転速度を推定する位置推定部45と、モータを低速に制御するための回転子の磁束角を推定して同期/停止座標変換部38に出力する低速制御部44と、を包含して同期リラクタンスモータの回転速度制御装置を構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 速度指令値と同期リラクタンスモータの  
 実際回転子速度とを比較した後、速度誤差を出力する第  
 1比較器と、

前記速度誤差を補償するためのPI制御を遂行した後、基  
 準トルク分電流を出力する速度制御部と、

前記基準トルク分電流と実際トルク分電流とを比較し

て、電流誤差を出力する第2比較器と、

基準磁束指令値を生成して出力する磁束指令発生部と、

前記基準磁束指令値の入力を受けて、前記基準磁束指令  
 値と実際磁束分とを比較した後、磁束誤差を出力する第  
 3比較器と、

前記磁束誤差の入力を受けてPI制御を行った後、同期座  
 標系の基準磁束分電圧を出力する磁束制御部と、

前記第2比較器から出力された前記電流誤差値を受け  
 て、同期座標系の基準トルク分電圧を生成して出力する

電流制御部と、

前記基準磁束分電圧、前記基準トルク分電圧、及び同期  
 リラクタンスモータの高速及び低速領域で推定された回

転子の実際位置を示す磁束角の入力を夫々受けて、同期  
 座標系の前記基準磁束分電圧と基準トルク分電圧の2つ

の電圧に対応する停止座標系の2つの電圧に変換した後  
 に出力する同期/停止座標変換部と、

前記の停止座標系の2つの電圧を3相電圧に変換して、  
 出力する3相電圧発生部と、

前記3相電圧に基づいて、前記同期リラクタンスモータ  
 を駆動するための3相電流を出力するインバータ部と、

前記3相電流が供給されて駆動される同期リラクタンス  
 モータと、

該同期リラクタンスモータに供給された前記3相電流か  
 ら前記実際トルク分電流と実際磁束分電流の2相電流と

前記実際磁束分とを検出して、前記第2、第3比較器及び  
 磁束観測部に出力する停止/同期座標変換部と、

前記2相電流及び前記同期/停止座標変換部から出力され  
 た前記停止座標系の2つの電圧の入力を受けて、磁束を

出力する前記磁束観測部と、

前記磁束を利用して、モータを高速に制御するための回  
 転子の磁束角及び回転子の回転速度を推定する位置推定

部と、

前記回転速度の入力を受けて、モータを低速に制御する  
 ための回転子の回転速度及び回転角を推定して前記同期

/停止座標変換部に出力する低速制御部と、

前記の低速制御及び速度制御アルゴリズムによって発生  
 する過度状態を安定化させる過度状態安定化部と、を包

含して構成されることを特徴とする同期リラクタンスモ  
 ータの回転速度制御装置。

【請求項2】 前記磁束観測部は、  
 前記停止/同期座標変換部から出力される前記2相電流

( $i_{dq}$ )の入力を受けて、同期座標系による推定値磁束  
 ( $\lambda_{dqe}$ )を出力する磁束変換部と、

前記位置推定部から出力された高速制御をするための位  
 置情報の磁束角( $\theta_{eh}$ )を利用して、前記同期座標系に

よる推定値磁束( $\lambda_{dqe}$ )を停止座標系の推定値磁束( $\lambda_{\alpha\beta e}$ )  
 に変換して出力する同期/停止座標変換部と、

前記同期/停止座標変換部から出力された停止座標系の  
 電圧( $V_{\alpha\beta}$ )から、前記2相電流( $i_{dq}$ )と固定子側抵抗

( $R$ )との乗算値に該当する電圧を停止座標系の量に変換  
 した電圧を減算して、誘起電圧( $e_{\alpha\beta}$ )を出力する減算

部と、

前記誘起電圧( $e_{\alpha\beta}$ )を積分して、実際磁束( $\lambda_{\alpha\beta}$ )  
 を算出して出力する第1積分器と、

前記同期/停止座標変換部から出力された停止座標系の  
 推定値磁束( $\lambda_{\alpha\beta e}$ )と前記第1積分器から出力された実

際磁束( $\lambda_{\alpha\beta}$ )との差を算出して出力する第5比較部  
 と、

前記停止座標系の推定磁束と実際磁束の2つの磁束の差  
 である磁束分誤差( $\Delta\lambda_{\alpha\beta}$ )を減らすためにゲイン値を

生成して出力するゲイン生成部と、から構成され、  
 前記第1積分器から出力された実際磁束( $\lambda_{\alpha\beta}$ )及び前

記磁束変換部から出力された推定値磁束( $\lambda_{\alpha\beta e}$ )が前  
 記位置推定部に入力されて、前記同期リラクタンスモ

ータの回転子位置を推定するための磁束角( $\theta_{eh}$ )が算出  
 されるようになることを特徴とする請求項1に記載の同

期リラクタンスモータの回転速度制御装置。

【請求項3】 前記磁束観測部は、前記同期リラクタン  
 スモータに印加された電圧及び前記同期リラクタンスモ

ータから検出された電流に係る磁束を夫々算出して前記  
 位置推定部に出力することを特徴とする請求項1に記載

の同期リラクタンスモータの回転速度制御装置。

【請求項4】 前記低速制御部は、  
 モータの低速領域又は初期駆動時に、所定の信号をd軸

磁束に注入して、同期リラクタンスモータから電圧積分  
 により観測されるq軸磁束値と同期リラクタンスモータ

の回転時に推定されるq軸磁束値との差( $\Delta\lambda_q$ )を求める  
 信号注入部と、

該信号注入部から出力された信号中のDC成分の信号を除  
 去するためにフィルタリングを遂行した後、該フィルタ

リングの結果値を出力する高周波濾波器と、  
 前記結果値の入力を受けて復調を遂行した後、再びDC成

分の信号を算出する復調部と、  
 前記DC成分の信号中のエラー成分を除去して、完全なDC

成分の信号を導出するためにフィルタリングを遂行した  
 後、前記DC成分の信号を出力する低周波濾波器と、

前記DC成分の信号に対してPI制御を遂行した後、モータ  
 の低速制御による速度情報を求めるPI制御部と、

前記速度情報の入力を受けて積分を遂行した後、モータ  
 の低速制御による位置情報を求める第2積分器と、

前記位置情報の入力を受けて、前記同期/停止座標変換  
 部に出力するスイッチング部と、を包含して構成される

ことを特徴とする請求項1に記載の同期リラクタンスモ

ータの回転速度制御装置。

【請求項5】 前記過渡状態安定化部は、モータ速度の連動制御時に、前記位置推定部から高速制御時に推定されて出力される回転子の回転速度( $\omega_{ne}$ )と前記PI制御部から出力される低速制御時に推定されて出力される回転子の回転速度( $\omega_{e1}$ )とを比較して、低速制御を行うか又は、高速制御を行うかを決定して、高速領域から低速領域に、又は、低速領域から高速領域に切替える時に重複区間を置くことによって、モータから発生する不安定な過渡現象を安定化させる速度比率調整部と、該速度比率調整部から入力された速度情報を積分して出力する前記第2積分器と、前記速度情報の入力を受けてモータの低速制御又は高速制御のためのスイッチングを遂行した後、低速制御によ\*

$$\sin \theta_{eh} = \frac{\lambda_{dq0} \wedge \lambda_{\alpha\beta}}{\lambda^2} = \frac{\lambda_{\alpha} \lambda_{d0} - \lambda_{\beta} \lambda_{q0}}{\lambda^2}$$

$$\cos \theta_{eh} = \frac{\lambda_{dq0} \times \lambda_{\alpha\beta}}{\lambda^2} = \frac{\lambda_{\alpha} \lambda_{d0} + \lambda_{\beta} \lambda_{q0}}{\lambda^2}$$

によって回転子の磁束角 $\theta_{eh}$ を推定して出力し、ここで、 $\theta_{eh}$ は推定された回転子の回転角、 $\lambda_{dq0}$ は同期座標系により推定された磁束、 $\lambda_{\alpha\beta}$ は停止座標系により観測された磁束、 $\lambda^2$ は $\lambda^4 = (\lambda_{dq0} \wedge \lambda_{\alpha\beta})^2 + (\lambda_{dq0} \times \lambda_{\alpha\beta})^2$ から求められる値、 $dq$ は回転座標系信号、 $\alpha\beta$ は停止座標系信号を夫々示すことを特徴とする請求項1に記載の同期リラクタンスモータの回転速度制御装置。

【請求項8】 前記磁束変換部は、前記停止/同期座標変換部から出力される前記2相電流に対して測定された磁束値をルックアップテーブル化して、同期座標系による推定値磁束を生成することを特徴とする請求項2に記載の同期リラクタンスモータの回転速度制御装置。 ※

$$\sin \theta_{eh} = \frac{\lambda_{dq0} \wedge \lambda_{\alpha\beta}}{\lambda^2} = \frac{\lambda_{\alpha} \lambda_{d0} - \lambda_{\beta} \lambda_{q0}}{\lambda^2}$$

$$\cos \theta_{eh} = \frac{\lambda_{dq0} \times \lambda_{\alpha\beta}}{\lambda^2} = \frac{\lambda_{\alpha} \lambda_{d0} + \lambda_{\beta} \lambda_{q0}}{\lambda^2}$$

によって回転子の磁束角 $\theta_{eh}$ を推定して出力し、ここで、 $\theta_{eh}$ は推定された回転子の回転角、 $\lambda_{dq0}$ は同期座標系により推定された磁束、 $\lambda_{\alpha\beta}$ は停止座標系により観測された磁束、 $\lambda^2$ は $\lambda^4 = (\lambda_{dq0} \wedge \lambda_{\alpha\beta})^2 + (\lambda_{dq0} \times \lambda_{\alpha\beta})^2$ から求められる値、 $dq$ は回転座標系信号、 $\alpha\beta$ は停止座標系の信号を夫々示すことを特徴とする請求項9に記載の同期リラクタンスモータの回転速度制御装置。

【請求項11】 同期リラクタンスモータに出力された3相電流から実際トルク分電流と実際磁束分電流の2相電★50

\*る速度情報又は高速制御による速度情報を夫々前記同期/停止座標変換部に出力するスイッチング部と、を包含して構成されることを特徴とする請求項1に記載の同期リラクタンスモータの回転速度制御装置。

【請求項6】 前記過渡状態安定化部は、前記同期リラクタンスモータが低速領域から高速領域に速度制御アルゴリズムが切換えられる過程で、低速領域速度制御のために印加された信号が遮断されるために発生する過渡現象を抑制して安定化させることを特徴とする請求項1に記載の同期リラクタンスモータの回転速度制御装置。

【請求項7】 前記位置推定部は、観測された高速領域の磁束及び推定された高速領域の磁束の入力を受けて、式

【数1】

※【請求項9】 同期リラクタンスモータの高速領域において、回転子磁束角及び回転子の回転速度を推定することによって、前記同期リラクタンスモータの回転速度制御を遂行するための位置推定部と、前記同期リラクタンスモータの低速領域において、回転子の回転角及び回転速度を推定して前記同期リラクタンスモータの回転速度制御を遂行するための低速制御部と、を包含して構成されることを特徴とする同期リラクタンスモータの回転速度制御装置。

【請求項10】 前記位置推定部は、観測された高速領域の磁束及び推定された高速領域の磁束の入力を受けて、式

【数2】

★流を検出して出力する停止/同期座標変換部と、前記2相電流及び前記同期リラクタンスモータに出力される停止座標系の2つの電圧を受けて、磁束を出力する磁束観測部と、前記位置推定部から出力された前記回転速度を受けて、低速に制御するための回転子の磁束角を推定して同期/停止座標変換部に出力する低速制御部と、前記の低速制御及び速度制御アルゴリズムによって発生する過渡状態を抑制して安定化させる過渡状態安定化部と、が追加して包含されることを特徴とする請求項9に

記載の同期リラクタン্সモータの回転速度制御装置。

【請求項12】 同期リラクタン্সモータに出力された3相電流から実際トルク分電流と実際磁束分電流の2相電流を検出した後に出力する停止/同期座標変換部と、前記2相電流及び前記同期リラクタン্সモータに出力される停止座標系の2つの電圧の入力を受けて、磁束を出力する磁束観測部と、前記磁束を利用して、前記同期リラクタン্সモータを高速に制御するための回転子の磁束角及び回転子の回転速度を推定する位置推定部と、前記磁束角及び回転速度の入力を受けて、前記同期リラクタン্সモータを低速に制御するための回転子の磁束角を推定して同期/停止座標変換部に出力する低速制御部と、前記の低速制御及び速度制御アルゴリズムによって発生する過度状態を抑制して安定化させる過度状態安定化部と、を包含して構成されることを特徴とする同期リラクタン্সモータの回転速度制御装置。

【請求項13】 前記磁束観測部は、前記停止/同期座標変換部から出力される前記2相電流( $i_{dq}$ )の入力を受けて、同期座標系に係る推定値磁束( $\lambda_{dqe}$ )を出力する磁束変換部と、前記位置推定部から出力された高速制御をするための位置情報の磁束角( $\theta_{eh}$ )を利用して、前記同期座標系に係る推定値磁束( $\lambda_{dqe}$ )を停止座標系の推定値磁束( $\lambda_{\alpha\beta e}$ )に変換して出力する同期/停止磁束変換部と、前記同期/停止座標変換部から出力された停止座標系の電圧( $V_{\alpha\beta}$ )から前記2相電流( $i_{dq}$ )と固定子側抵抗との乗算値に該当する電圧を停止座標系の量に変換した電圧を減算して、誘起電圧( $e_{\alpha\beta}$ )を出力する減算部と、前記誘起電圧( $e_{\alpha\beta}$ )を積分して、実際磁束( $\lambda_{\alpha\beta}$ )を算出して出力する第1積分器と、前記同期/停止磁束変換部から出力された停止座標系の推定値磁束( $\lambda_{\alpha\beta e}$ )と前記第1積分器から出力された実際磁束( $\lambda_{\alpha\beta}$ )との差を算出して出力する比較部と、前記停止座標系の推定値磁束と実際磁束の2つの磁束の差である磁束分誤差( $\Delta\lambda_{\alpha\beta}$ )を減らすためにゲイン値を生成して出力するゲイン発生部と、から構成され、前記第1積分器から出力された実際磁束( $\lambda_{\alpha\beta}$ )及び前記磁束変換部から出力された推定値磁束( $\lambda_{dqe}$ )が前記位置推定部に入力されて、前記同期リラクタン্সモータの回転子位置を推定するための磁束角( $\theta_{eh}$ )が算出されるようになることを特徴とする請求項12に記載の同期リラクタン্সモータの回転速度制御装置。

【請求項14】 前記低速制御部は、モータの低速領域又は初期駆動時に、所定の信号をd軸磁束に注入して、同期リラクタン্সモータから電圧積分

により観測されるq軸磁束値と同期リラクタン্সモータの回転時に推定されるq軸磁束値との差( $\Delta\lambda_q$ )を求める信号注入部と、

該信号注入部から出力された信号中のDC成分の信号を除去するためにフィルタリングを遂行した後、該フィルタリングの結果値を出力する高周波濾波器と、前記結果値の入力を受けて復調を遂行した後、再びDC成分の信号を算出する復調部と、前記DC成分の信号中のエラー成分を除去して、完全なDC成分の信号を導出するためにフィルタリングを遂行した後、前記DC成分の信号を出力する低周波濾波器と、前記DC成分の信号に対してPI制御を遂行した後、モータの低速制御による速度情報を求めるPI制御部と、前記速度情報の入力を受けて積分を遂行した後、モータの低速制御による位置情報を求める第2積分器と、前記位置情報の入力を受けて、前記同期/停止座標変換部に出力するスイッチング部と、を包含して構成されることを特徴とする請求項12に記載の同期リラクタン্সモータの回転速度制御装置。

【請求項15】 前記過度状態安定化部は、モータ速度の連動制御時に、前記位置推定部から高速制御時に推定されて出力される回転子の回転速度( $\omega_{ne}$ )と前記PI制御部に出力された低速制御時に推定されて出力された回転子の回転速度( $\omega_{el}$ )とを比較して、低速制御を行うか又は、高速制御を行うかを決定して、高速領域から低速領域に、又は、低速領域から高速領域に切り換える時に重複区間を置くことによって、モータから発生する不安定な過渡現象を安定化させる速度比率調整部と、該速度比率調整部から入力された速度情報を積分して出力する前記第2積分器と、前記速度情報の入力を受けてモータの低速制御又は高速制御のためのスイッチングを遂行した後、低速制御による速度情報又は高速制御による速度情報を夫々前記同期/停止座標変換部に出力するスイッチング部と、を包含して構成されることを特徴とする請求項12に記載の同期リラクタン্সモータの回転速度制御装置。

【請求項16】 前記過度状態安定化部は、前記同期リラクタン্সモータが低速領域から高速領域に速度制御アルゴリズムが切り換えられる過程で、低速領域速度制御のために印加された信号が遮断されるために発生する過度現象を抑制して安定化させることを特徴とする請求項12に記載の同期リラクタン্সモータの回転速度制御装置。

【請求項17】 前記位置推定部は、観測された高速領域の磁束及び推定された高速領域の磁束の入力を受けて、式

【数3】



$$\begin{aligned}\sin \theta_{eh} &= \frac{\lambda_{dq\alpha} \wedge \lambda_{\alpha\beta}}{\lambda^2} = \frac{\lambda_{\alpha} \lambda_{dq\alpha} - \lambda_{\beta} \lambda_{dq\beta}}{\lambda^2} \\ \cos \theta_{eh} &= \frac{\lambda_{dq\alpha} \times \lambda_{\alpha\beta}}{\lambda^2} = \frac{\lambda_{\alpha} \lambda_{dq\alpha} + \lambda_{\beta} \lambda_{dq\beta}}{\lambda^2}\end{aligned}$$

により回転子の磁束角を推定して出力し、

ここで、 $\theta_{eh}$ は推定された回転子の回転角、 $\lambda_{dq\alpha}$ は同期座標系により推定された磁束、 $\lambda_{\alpha\beta}$ は停止座標系により観測された磁束、 $\lambda^2$ は $\lambda^4 = (\lambda_{dq\alpha} \wedge \lambda_{\alpha\beta})^2 + (\lambda_{dq\beta} \times \lambda_{\alpha\beta})^2$ から求められる値、 $dq$ は回転座標系信号、 $\alpha\beta$ は停止座標系の信号を夫々示すことを特徴とする請求項12に記載の同期リラクタンスモータの回転速度制御装置。

【請求項18】 前記磁束変換部は、前記停止/同期座標変換部から出力される前記2相電流に対して測定された磁束値をルックアップテーブル化して、同期座標系による推定値磁束を生成することを特徴とする請求項13に記載の同期リラクタンスモータの回転速度制御装置。

【請求項19】 同期リラクタンスモータの低速及び高速領域において、回転子磁束角及び回転子の回転速度を推定することによって、同期リラクタンスモータの回転速度の制御を遂行する段階を包含することを特徴とする同期リラクタンスモータの回転速度制御方法。

【請求項20】 速度指令値と同期リラクタンスモータの実際回転子速度とを比較することによって、速度誤差を出力する段階と、

前記速度誤差を補償するためのPI制御を遂行した後に、基準トルク分電流を出力する段階と、

前記基準トルク分電流を受けて、同期座標系の基準トルク分電圧を生成して、出力する段階と、

基準磁束指令値を生成して出力する段階と、

前記基準磁束指令値を受けて該基準磁束指令値と実際磁束分とを比較することによって、磁束誤差を出力する段階と、

前記磁束誤差を受けてPI制御を行うことによって、同期座標系の基準磁束分電圧を出力する段階と、

前記基準磁束分電圧、基準トルク分電圧、及び同期リラクタンスモータの高速及び低速領域で推定された回転子の実際位置を表す磁束角の入力を夫々受けて、同期座標系の前記基準磁束分電圧と基準トルク分電圧の2つの電圧を停止座標系の2つの電圧に変換した後に出力する段階と、

前記停止座標系の2つの電圧を3相電圧に変換した後に、出力する段階と、

前記3相電圧に基づいて、前記同期リラクタンスモータの駆動のための3相電流を出力する段階と、

前記3相電流が供給されて、前記同期リラクタンスモータを駆動する段階と、

前記3相電流から実際磁束分電流と実際トルク分電流の2\*50

\*相電流を検出する段階と、

前記の検出された2相電流及び前記停止座標系の2つの電圧の入力を受けて、磁束を出力する段階と、

10 前記磁束を利用して、前記同期リラクタンスモータを高速に制御するための回転子の磁束角及び回転子の回転速度を推定する段階と、

前記回転速度の入力を受けて、前記同期リラクタンスモータを低速に制御するための回転子の回転速度及び回転角を推定して出力する段階と、

前記の低速制御及び速度制御アルゴリズムによって発生する過度状態を抑制して安定化させる段階と、を包含して構成されることを特徴とする同期リラクタンスモータの回転速度制御方法。

20 【請求項21】 前記同期リラクタンスモータを高速に制御するための回転子の磁束角及び回転子の回転速度を推定する段階は、

前記の検出された2相電流の入力を受けて、同期座標系の推定値磁束を出力する段階と、

前記同期座標系の推定値磁束を停止座標系の推定値磁束に変換して出力する段階と、

前記停止座標系の2つの電圧から、前記2相電流と固定子側抵抗との乗算値に該当する電圧を停止座標系の量に変換した電圧を減算して、誘起電圧を出力する段階と、

30 前記出力誘起電圧を積分して、実際磁束を算出して出力する段階と、

前記停止座標系の推定値磁束と前記実際磁束との差を算出して出力する段階と、

前記停止座標系の推定値磁束と実際磁束の2つの磁束の差値を補償するためのゲイン値を生成して出力する段階と、

前記実際磁束及び前記推定値磁束の入力を受けて、前記同期リラクタンスモータの回転子位置を推定するための磁束角を算出して出力する段階と、を包含して構成されることを特徴とする請求項20に記載同期リラクタンスモータの回転速度制御方法。

【請求項22】 上記同期リラクタンスモータを高速に制御するための回転子の磁束角及び回転子の回転速度を推定する段階は、前記同期リラクタンスモータに印加された電圧及び前記同期リラクタンスモータから検出された電流による磁束を夫々算出して出力する段階を包含することを特徴とする請求項20に記載同期リラクタンスモータの回転速度制御方法。

【請求項23】 前記の検出された2相電流の入力を受けて、同期座標系の推定磁束値を出力する段階と、

前記2相電流に対して測定された磁束値をルックアップテーブル化して、同期座標系の前記推定磁束値を生成する段階と、が追加して構成されることを特徴とする請求項21に記載同期リラクタンスモータの回転速度制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、同期リラクタンスモータ(Synchronous Reluctance Motor、SYNRM)の回転速度制御装置に係るもので、回転子位置検出用センサを使用することなく、同期リラクタンスモータの入力電圧及び入力電流を検出して回転子の速度及び磁束角を推定することによって、モータの回転速度及びトルクを制御し得る同期リラクタンスモータの回転速度制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、同期リラクタンスモータの速度制御装置は、瞬時のトルク制御が遂行される場合には、モータの速度情報又は磁束情報が必要であるので、このようなモータの速度情報又は磁束情報を抽出するために、タコメータ(Tachometer)、ジェネレータ(Generator)、レゾルバ(Resolver)あるいはパルスエンコーダ(Pulse encoder)のようなセンサが必要である。

【0003】しかし、上記の各センサは、取扱いが難しくノイズに敏感であると共に経済的な面で価格上昇の原因となるので、最近では、同期リラクタンスモータを家電製品に適用するときは、モータの2次抵抗の変化による速度誤差を補正することなく、速度及びトルクの制御を行い得る速度センサのないベクトル制御方式について、活発な研究が行われている。

【0004】従来の同期リラクタンスモータの回転速度制御装置は、図3に示したように、速度指令値(Speed reference value)  $\omega_r^*$  と実際の回転子の速度(Real speed value)  $(\omega_r)$  とを比較して速度誤差を出力する第1比較器11と、この速度誤差の入力を受けて、速度誤差を補償するためのPI制御を遂行した後に、基準トルク分電流( $i_{qs}^*$ )を出力する速度制御部12と、上記の基準トルク分電流( $i_{qs}^*$ )と実際のトルク分電流( $i_{qs}$ )とを比較して電流誤差を出力する第2比較器13と、上記の実際の回転子の速度( $\omega_r$ )によって磁束を指令して磁束指令値( $\lambda_d^*$ )を出力する磁束指令発生部14と、この磁束指令値( $\lambda_d^*$ )の入力を受けて、PI制御を遂行した後に、基準磁束分電流( $i_{ds}^*$ )を出力する磁束制御部15と、この基準磁束分電流( $i_{ds}^*$ )と実際の磁束分電流( $i_{ds}$ )とを比較して電流誤差を出力する第3比較器16と、第2比較器13及び第3比較器16の出力によって基準磁束分電圧( $V_{ds}^*$ )と基準トルク分電圧( $V_{qs}^*$ )を出力する電流制御部17と、上記の基準磁束分電圧( $V_{ds}^*$ )、基準トルク分電圧( $V_{qs}^*$ )及び後述する積分器22からの実際の磁束角( $\theta$ )の入力を受けて、固定座標の3相電圧( $V_{as}^*$ 、 $V_{bs}^*$ 、 $V_{cs}^*$ )に変

換して出力する3相電圧発生部18と、3相電圧発生部18の3相電圧( $V_{as}^*$ 、 $V_{bs}^*$ 、 $V_{cs}^*$ )により3相電圧を後述する同期リラクタンスモータ20に印加して回転させるインバータ部19と、同期リラクタンスモータ20の回転速度を検出して上記の実際の速度( $\omega_r$ )を算出する回転子位置検出部21と、この実際の速度( $\omega_r$ )を積分して上記の実際の磁束角( $\theta$ )を算出する積分器22と、この実際の磁束角( $\theta$ )及び同期リラクタンスモータ20の回転時に検出される2相の電流( $i_{as}$ 、 $i_{cs}$ )の入力を受けて、上記の実際の磁束分電流( $i_{ds}$ )及び実際のトルク分電流( $i_{qs}$ )に変換して出力する座標変換部23と、を包含して構成されていた。

【0005】以下、このように構成された従来の同期リラクタンスモータの回転速度制御装置の動作について説明する。

【0006】まず、第1比較器11は、速度指令値(Speed reference value)  $(\omega_r^*)$  と同期リラクタンスモータ20の回転時に回転子位置検出部21から検出される実際の速度( $\omega_r$ )とを比較した後、速度誤差を速度制御部12に出力する。次いで、速度制御部12は、上記の速度誤差を補償するためのPI制御を遂行した後、基準トルク分電流( $i_{qs}^*$ )を電流制御部17に出力する。

【0007】一方、磁束指令発生部14は、上記の磁束の指令値( $\lambda_d^*$ )を生成して、磁束制御部15に出力すると、磁束制御部15は、上記の磁束指令値( $\lambda_d^*$ )の入力を受けて、PI制御を遂行した後に、基準磁束分電流( $i_{ds}^*$ )を第3比較器16に出力する。

【0008】次いで、第3比較器16は、上記の磁束指令値( $\lambda_d^*$ )によって生成されて出力される基準磁束分電流( $i_{ds}^*$ )と座標変換部23から出力される実際の磁束分電流( $i_{ds}$ )との電流誤差を電流制御部17に出力する。次いで、電流制御部17は、第2比較器13から出力される電流誤差及び第3比較器16から出力された電流誤差の入力を受けて、d軸電圧(d-axis voltage)及びq軸電圧(q-axis voltage)の基準磁束分電圧( $V_{ds}^*$ )と基準トルク分電圧( $V_{qs}^*$ )とを生成した後、3相電圧発生部15に出力する。

【0009】ここで、上記の基準磁束分電圧( $V_{ds}^*$ )と基準トルク分電圧( $V_{qs}^*$ )が算出される式は、次のようである。

【0010】

【数4】

$$V_d = R_s i_d + L_d \frac{di_d}{dt} - \omega_r L_q i_q$$

$$V_q = R_s i_q + L_q \frac{di_q}{dt} + \omega_r L_d i_d$$

【0011】ここで、 $V_d$ 、 $V_q$ は、電圧のd軸(d-axis)及びq軸(q-axis)成分を示し、 $i_d$ 、 $i_q$ は、電流のd軸及

びq軸の成分を示し、 $R_s$ は、固定子側抵抗を示し、 $L_d$ 、 $L_q$ は、d軸及びq軸のインダクタンスを示したものである。

【0012】以後、3相電圧発生部18は、上記の基準磁束分電圧( $V_{ds}^*$ )、基準トルク分電圧( $V_{qs}^*$ )及び積分器22の出力の実際の磁束角( $\theta$ )を利用して固定座標系の3相電圧( $V_{as}^*$ 、 $V_{bs}^*$ 、 $V_{cs}^*$ )を生成した後に、インバータ部19に印加し、インバータ部19は、3相電圧( $V_{as}^*$ 、 $V_{bs}^*$ 、 $V_{cs}^*$ )により3相電圧を上記同期リラクタン্সモータ20に印加する。

【0013】このとき、同期リラクタン্সモータ20の回転子の位置を検出する回転子位置検出部21は、検出されたモータの実際の回転速度を第1比較器11及び積分器22に出力し、その後、積分器22は、その実際速度を積分して回転子の実際位置を示す磁束角( $\theta$ )を算出し、座標変換部23及び3相電圧発生部18に出力する。

【0014】このような過程が反復して遂行されることによって、モータの回転速度が制御される。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】然るに、このような従来の同期リラクタン্সモータにおいては、検出された電流の周波数に含まれる高調波成分及びスイッチングのデッドタイム(Switching dead time)によって発生トルクにトルクリプル(Torque ripple)が含まれるために、誘起電圧に高調波成分が含まれて演算された回転速度にリップルが発生して、精密な速度制御が不可能となり、また回転子の位置検出部にエンコーダ(Encoder)やホールセンサ(Hole-sensor)を使用することによって、取扱上の問題点が生ずるといふ不都合な点があった。

【0016】又、従来のリラクタン্সモータの回転速度制御装置においては、高価な回転子位置検出部を使用するために、費用が増加して、また、高速制御には比較的優れているが、低速制御が円滑ではないという不都合な点があった。

【0017】本発明は、このような従来の課題に鑑みてなされたもので、同期リラクタン্সモータの回転子位置検出センサを備えないセンサレス速度制御で負荷の変動に対して速度制御の精密度を維持するために、低速及び高速の領域を分離して制御し得る同期リラクタン্সモータの回転速度制御装置を提供することを目的とする。

【0018】又、モータの磁気モデル(Magnetic modeling)を利用して、電流変化によって変化するインダクタンスの線形制御を可能にし、冷蔵庫及びクーラのコンプレッサのような回転子の位置検出が難しい機器で、モータの回転速度を精密に制御し得る同期リラクタン্সモータの回転速度制御装置を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するため、本発明に係る同期リラクタン্সモータの回転速

度制御装置は、速度指令値とモータの実際の回転子速度(Real rotor speedvalue)とを比較した後に、速度誤差を出力する第1比較器と、前記の出力された速度誤差を補償するためのPI制御を行った後に、基準トルク分電流を出力する速度制御部と、前記の出力された基準トルク分電流と実際のトルク分電流とを比較した後、電流誤差を出力する第2比較器と、基準磁束指令値を生成して出力する磁束指令発生部と、前記の出力された基準磁束指令値の入力を受けて、前記基準磁束指令値と実際の磁束分とを比較した後、磁束誤差を出力する第3比較器と、前記の出力された磁束誤差の入力を受けてPI制御を行った後、同期座標系の基準磁束分電圧を出力する磁束制御部と、前記第2比較器から出力された前記電流誤差の入力を受けて、同期座標系の基準トルク分電圧を生成して出力する電流制御部と、前記基準磁束分電圧、基準トルク分電圧及び同期リラクタン্সモータの高速及び低速領域で推定された回転子の実際位置を示す磁束角の入力を夫々受けて、前記同期座標系の基準磁束分電圧と基準トルク分電圧の2つの電圧成分を停止座標系の2つの成分電圧に変換した後に出力する同期/停止座標変換部と、前記の出力された停止座標系の2つの成分電圧を3相電圧に変換して出力する3相電圧発生部と、前記の出力された3相電圧に基づいてモータを駆動するための3相電流を出力するインバータ部と、前記の出力された3相電流の入力を受けて駆動される同期リラクタン্সモータと、該同期リラクタン্সモータに出力された3相電流から実際トルク分電流と実際磁束分電流の2相電流と実際磁束分を検出した後、前記第2、第3比較器及び磁束観測部(Flux observer)に夫々出力する停止/同期座標変換部と、前記の出力された2相電流及び前記同期/停止座標変換部から出力された前記停止座標系の2つの成分電圧の入力を受けて、磁束を出力する磁束観測部と、前記の出力された磁束を利用してモータを高速に制御するための回転子の磁束角及び回転子の回転速度を推定する位置推定部と、前記回転速度の入力を受けてモータを低速に制御するための回転子の磁束角及び回転速度を推定して前記同期/停止座標変換部に出力する低速制御部と、前記低速制御及び速度制御アルゴリズムによって発生する過渡状態を安定化させる過渡状態安定化部と、を包含して構成されることを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態に対し図面に基づいて説明する。本発明に係る同期リラクタン্সモータの回転速度制御装置及びその方法においては、同期リラクタン্সモータの速度及び位置を推定するホールセンサ又はエンコーダを使用することなく、負荷の変動に対して速度を制御する精密度を持続するために、モータを低速及び高速領域に分離して制御を行い、電流の変化によって変化するインダクタンスの線形制御を可能にして、冷蔵庫及びエアコンのコンプレッサのように回

転子の位置検出が難しい機器でもモータの回転速度を精密に制御しようとするものである。

【0021】このような本発明に係る同期リラクタンスモータの回転速度制御装置は、図1に示したように、速度指令値と同期リラクタンスモータの実際の回転子速度とを比較した後に、速度誤差を出力する第1比較器31と、この出力された速度誤差を補償するためのPI制御を行った後に、基準トルク分電流を出力する速度制御部32と、この出力された基準トルク分電流と実際のトルク分電流とを比較した後、その電流誤差を出力する第2比較器33と、基準磁束指令値を生成して出力する磁束指令発生部34と、この出力された基準磁束指令値の入力を受けた後、その基準磁束指令値と実際の磁束分とを比較して、磁束誤差を出力する第3比較器35と、この出力された磁束誤差の入力を受けてPI制御を行った後、同期座標系の基準磁束分電圧を出力する磁束制御部36と、第2比較器33から出力された上記の電流誤差を受けて、同期座標系の基準トルク分電圧を生成して出力する電流制御部37と、この基準磁束分電圧、基準トルク分電圧、同期リラクタンスモータの高速及び低速領域で推定された回転子の実際の位置を示す磁束角の入力を夫々受けて、上記の同期座標系の基準磁束分電圧と基準トルク分電圧の2つの成分電圧を対応する停止座標系の2つの成分電圧に変換した後に出力する同期/停止座標変換部38と、上記の出力された停止座標系の2つの成分電圧を3相電圧に変換して出力する3相電圧発生部39と、この出力された3相電圧に基づいて、同期リラクタンスモータの駆動のための3相電流を出力するインバータ部40と、この出力された3相電流の入力を受けて、駆動される同期リラクタンスモータ41と、同期リラクタンスモータ41に出力された3相電流中2つの相電流を検出して、同期座標系の実際のトルク分電流と実際の磁束分電流の2相電流及び実際の磁束分を第2、第3比較器33、35及び磁束観測部43に夫々出力する停止/同期座標変換部42と、上記の出力された2相電流及び同期/停止座標変換部38から出力された上記の停止座標系の2つの電圧を受けて磁束を出力する磁束観測部43と、上記の出力された磁束を利用してモータを高速に制御するための回転子の磁束角及び回転子の回転速度を推定する位置推定部45と、この磁束角及び回転速度の入力を受けてモータを低速に制御するための回転子の磁束角を推定して同期/停止座標変換部38に出力する低速制御部44と、この低速制御及び速度制御アルゴリズムによって発生する過度状態を安定化させる過度状態安定化部44-1と、を包含して構成されている。

【0022】又、磁束観測部43は、停止/同期座標変換部42から出力される2相電流 $i_{dq}$ （ここで $i_{dq}$ は同期座標系の電流（ $i_d$ 、 $i_q$ ）を表す）の入力を受けて、同期座標系による推定値磁束 $\lambda_{dqe}$ （ここで $\lambda_{dqe}$ は同期リラクタンスモータの回転時に推定される同期座標系の磁束（ $\lambda_{de}$ 、 $\lambda_{qe}$ ）を表す）を出力する磁束変換部43aと、

位置推定部45から出力された高速制御をするための位置情報の磁束角（ $\theta_{eh}$ ）を利用して、上記の同期座標系による推定値磁束（ $\lambda_{dqe}$ ）を停止座標系の推定値磁束 $\lambda_{\alpha\beta e}$ （ここで $\lambda_{\alpha\beta e}$ は同期リラクタンスモータの回転時に推定される停止座標系の磁束（ $\lambda_{\alpha e}$ 、 $\lambda_{\beta e}$ ）を表す）に変換して出力する同期/停止座標変換部43bと、同期/停止座標変換部38から出力された停止座標系の電圧 $V_{\alpha\beta}$ （ここで $V_{\alpha\beta}$ は停止座標系の電圧（ $V_\alpha$ 、 $V_\beta$ ）を表す）から前記の2相電流（ $i_{dq}$ ）と固定子側抵抗（R）との乗算値に該当する電圧を停止座標系の量に変換した電圧を減算して、その電圧差の誘起電圧 $e_{\alpha\beta}$ （ここで $e_{\alpha\beta}$ は停止座標系の誘起電圧（ $e_\alpha$ 、 $e_\beta$ ）を表す）を出力する減算部43dと、この出力された誘起電圧（ $e_{\alpha\beta}$ ）を積分して、実際の磁束 $\lambda_{\alpha\beta}$ （ここで $\lambda_{\alpha\beta}$ は電圧積分により観測された停止座標系の磁束（ $\lambda_\alpha$ 、 $\lambda_\beta$ ）を表す）を算出して出力する第1積分器43fと、同期/停止座標変換部43bから出力された停止座標系の推定値磁束（ $\lambda_{\alpha\beta e}$ ）と前記第1積分器43fから出力された実際の磁束（ $\lambda_{\alpha\beta}$ ）との差を算出して出力する第5比較器43cと、この出力された2つの磁束 $\lambda_{\alpha\beta e}$ と $\lambda_{\alpha\beta}$ との差である磁束分誤差（ $\Delta\lambda_{\alpha\beta}$ ）を減らすためにゲイン値を生成して出力するゲイン生成部43gと、を包含して構成されている。又、位置推定部45は、第1積分器43fから出力された実際の磁束（ $\lambda_{\alpha\beta}$ ）と磁束変換部43aから出力された推定値磁束（ $\lambda_{dqe}$ ）の入力を受けて、同期リラクタンスモータ41の回転子位置を推定するための磁束角（ $\theta_{eh}$ ）と推定回転速度（ $\omega_{ne}$ ）を算出して出力する。

【0023】又、低速制御部44は、モータの低速領域又は初期駆動時に、所定の信号をd軸磁束に注入して、同期リラクタンスモータから電圧積分によって観測されるq軸の磁束分と同期リラクタンスモータの回転時に推定されるq軸の磁束分との差（ $\Delta\lambda_q$ ）を求める信号注入部44aと、信号注入部44aから出力された信号中DC(direct current)成分の信号を除去するためにフィルタリングを遂行した後、その結果の値を出力する高周波濾波器(high pass filter)44bと、このフィルタリングの結果の値が入力されて、再びDC成分の信号を算出する復調部44cと、上記のDC成分の信号中エラー成分を除去して、完全なDC成分の信号を導出するためにフィルタリングを遂行した後、上記のDC成分の信号を出力する低周波濾波器(low pass filter)44dと、上記のDC成分の信号に対してPI制御を遂行した後、モータの低速制御による速度情報（ $\omega_{e1}$ ）を求めるPI制御部44eと、この速度情報の入力を受けて積分を遂行した後、モータの低速制御による位置情報（ $\theta_{e1}$ ）を求める前記第2積分器44fと、を包含して構成される。

【0024】又、過度状態安定化部44-1は、モータ速度の運動制御時、位置推定部45から高速制御時に推定されて出力された回転子の回転速度（ $\omega_{ne}$ ）とPI制御部44eから低速制御時に推定されて出力された回転子の回転速度

( $\omega_{e1}$ )とを比較して、低速制御を行うか又は、高速制御を行うかを決定して、高速領域から低速領域に、又は、低速領域から高速領域に切換える時に重複区間を置くことによって、モータから発生する不安定な過度現象を抑制して安定化させる速度比率調整部44-1aと、PI制御部44eと速度比率調整部44-1aから入力された速度情報を積分して回転子の位置情報( $\theta_{e1}$ )を出力する第2積分器44fと、上記の位置情報の入力を受けてモータの低速制御又は高速制御のための切換えを遂行した後、低速制御による位置情報( $\sin\theta_{e1}$ ,  $\cos\theta_{e1}$ )又は、高速制御による位置情報( $\sin\theta_{eh}$ ,  $\cos\theta_{eh}$ )を夫々同期/停止座標変換部38に出力する信号切換え部(スイッチング部)44-1bと、を包含して構成されている。

【0025】以下、このように構成された本発明に係る同期リラクタン্সモータの回転速度制御装置の動作について説明する。

【0026】まず、第1比較部31は、速度指令値( $\omega_n^*$ )と位置推定部45から検出された実際速度( $\omega_{ne}$ )とを比較した後、その速度誤差を速度制御部32に出力し、この速度制御部32は、上記の速度誤差を補償するためのPI制御を行った後、基準トルク分電流( $i_q^*$ )を第2比較部33に出力する。

【0027】次いで、第2比較部33は、速度制御部32から出力された基準トルク分電流( $i_q^*$ )と停止/同期座標変換部42から出力された実際トルク分電流( $i_q$ )とを比較した後、その電流誤差を電流制御部37に出力し、電流制御部37は、第2比較部33から受けた上記の電流誤差によって、q軸電圧の基準トルク分電圧( $V_q^*$ )を生成した後、それを同期/停止座標変換部38に出力する。

【0028】一方、磁束指令発生部34は、上記の基準磁束指令値( $\lambda_d^*$ )を生成して、第3比較部35に出力し、第3比較部35は、この基準磁束指令値( $\lambda_d^*$ )と停止/同期座標変換部42から出力される実際磁束( $\lambda_d$ )との磁束誤差を磁束制御部36に出力し、磁束制御部36は、入力された磁束誤差に対してPI制御を行った後、d軸電圧である基準磁束分電圧( $V_d^*$ )を生成して、同期/停止座標変換部38に出力する。

【0029】次いで、同期/停止座標変換部38は、基準磁束分電圧( $V_d^*$ )、基準トルク分電圧( $V_q^*$ )、高速及び低速領域で推定された回転子の実際位置を示す磁束角( $\theta_{eh}$ ,  $\theta_{e1}$ )に対する正弦値及び余弦値の入力を夫々受けて、それらの2つの電圧分( $V_d^*$ ,  $V_q^*$ )に対して同期座標系から停止座標系への座標変換を行った後、3相電圧発生部39に出力する。

【0030】次いで、3相電圧発生部39は、上記の変換された停止座標系の3相電圧( $V_{as}$ ,  $V_{bs}$ ,  $V_{cs}$ )をインバータ部40に印加し、インバータ部40は、それら3相電圧( $V_{as}$ ,  $V_{bs}$ ,  $V_{cs}$ )に基づいて、モータを駆動するための3相電流を前記同期リラクタン্সモータ41に供給してモータを駆動する。

【0031】次いで、停止/同期座標変換部42は、上記の供給された3相電流から2相電流( $i_{dq}$ )と実際磁束( $\lambda_d$ )を検出した後、前述したように第2、第3比較部33、35及び磁束変換部43aに出力する。

【0032】以下、同期リラクタン্সモータ41が高速及び低速制御時に、同期リラクタン্সモータ41の回転子位置を推定することによって、速度制御を遂行する過程について説明する。

【0033】まず、同期リラクタン্সモータ41の高速制御を遂行するための磁束観測部43の動作は次の通りである。

【0034】磁束観測部43に実際電圧に相当する停止座標系の電圧( $V_{\alpha\beta}$ )と同期座標系の実際電流( $i_{dq}$ )とを入力し、固定子側抵抗(R)による電圧降下分を停止座標系の量に変換して $V_{\alpha\beta}$ から減算することにより誘起電圧( $e_{\alpha\beta}$ )を求めて、この誘起電圧( $e_{\alpha\beta}$ )を積分してまず磁束観測値( $\lambda_{\alpha\beta}$ )を求める。一方、予め実験により求めた電流対磁束の関係のインダクタンスLを利用して電流( $i_{dq}$ )から同期座標系の磁束推定値( $\lambda_{dqe}$ )を求め、更に座標変換により停止座標系の磁束推定値( $\lambda_{\alpha\beta e}$ )を求める。このとき、上記の $\lambda_{\alpha\beta}$ と $\lambda_{\alpha\beta e}$ との差値である $\Delta\lambda_{\alpha\beta}$ をゲイン値を利用して零になるように減らすことにより、結局 $\lambda_{\alpha\beta}$ と $\lambda_{\alpha\beta e}$ とが相互に同じになる回転子位置情報 $\theta_{eh}$ を推定する。

【0035】このために磁束変換部43aは、停止/同期座標変換部42から出力される2相電流( $i_{dq}$ )の入力を受けて、同期座標系に係る推定値磁束( $\lambda_{dqe}$ )を位置推定部45に出力する。このとき、上記の推定値磁束( $\lambda_{dqe}$ )を算出するための電流と磁束との関係は、図2に示したように、電流を変化させて測定された磁束分(flux)を用いて予め計算してルックアップテーブル(Lookup table)化されている。

【0036】また、同期/停止磁束変換部43bは、位置推定部45から出力された高速制御をするための位置情報としての磁束角( $\theta_{eh}$ )を利用して、同期座標系による前記の推定値磁束( $\lambda_{dqe}$ )を停止座標系の推定値磁束( $\lambda_{\alpha\beta e}$ )に変換して、第5比較部43cに出力する。

【0037】一方、減算部43dは、同期/停止座標変換部38から出力される停止座標系の電圧( $V_{\alpha\beta}$ )から、前記の2相電流( $i_{dq}$ )と固定子側抵抗(R)との乗算値に該当する電圧を停止座標系の量に変換した電圧を減算して、その電圧差の誘起電圧( $e_{\alpha\beta}$ )を第1積分器43fに出力し、第1積分器43fは、上記の誘起電圧( $e_{\alpha\beta}$ )を積分した後、実際磁束( $\lambda_{\alpha\beta}$ )を算出して位置推定部45に出力する。次いで、第5比較部43cは、同期/停止磁束変換部43bから出力された停止座標系の推定値磁束( $\lambda_{\alpha\beta e}$ )と第1積分器43fから出力された実際磁束( $\lambda_{\alpha\beta}$ )の差を算出してゲイン生成部43gに出力し、ゲイン発生部43glは、それらの2つの磁束の差値である磁

束分誤差( $\Delta\lambda_{\alpha\beta}$ )を減らすためのゲイン値を生成して第4比較部43eに出力する。

【0038】次いで、位置推定部45は、上記の実際磁束( $\lambda_{\alpha\beta}$ )及び前記の推定値磁束( $\lambda_{dqe}$ )の入力を受けて、同期リラクタンスモータ41の回転子位置を推定するための磁束角( $\theta_{eh}$ )を算出して、これに相応する正弦値(Sine value)及び余弦値(Cosine value)を同期/停止座標変換部38に出力することによって、同期リラクタ\*

$$\sin\theta_{eh} = \frac{\lambda_{dqe} \wedge \lambda_{\alpha\beta}}{\lambda^2} = \frac{\lambda_{\alpha} \lambda_{dq} - \lambda_{\beta} \lambda_{qe}}{\lambda^2}$$

$$\cos\theta_{eh} = \frac{\lambda_{dqe} \times \lambda_{\alpha\beta}}{\lambda^2} = \frac{\lambda_{\alpha} \lambda_{dq} + \lambda_{\beta} \lambda_{qe}}{\lambda^2}$$

【0041】ここで、 $\theta_{eh}$ は推定された回転子の回転角(磁束角)、 $\lambda_{dqe}$ は同期座標系において推定された磁束( $\lambda_{dq}$ 、 $\lambda_{qe}$ )、 $\lambda_{\alpha\beta}$ は停止座標系において観測された磁束( $\lambda_{\alpha}$ 、 $\lambda_{\beta}$ )を夫々簡略化して表したものであり、 $\lambda^2$ は $\lambda^2 = (\lambda_{dqe} \wedge \lambda_{\alpha\beta})^2 + (\lambda_{dqe} \times \lambda_{\alpha\beta})^2 = 2(\lambda_{\alpha} \lambda_{dq})^2 + 2(\lambda_{\beta} \lambda_{qe})^2$ から求まる値、dqは回転座標系信号、 $\alpha\beta$ は固定座標系の信号を夫々示したものである。

【0042】以下、同期リラクタンスモータ41の低速制御を行うための低速制御部44の動作について説明する。

【0043】モータの低速領域では電圧成分が相対的に小さい値を有するために、デッドタイム(Dead-time)などによる電圧誤差が発生する。従って、上述したモータの高速制御のみによっては位置推定に問題点が発生する。従って、このような問題を解決するために、下記に述べるようなモータの低速領域で信号注入を利用した位置推定ループ(loop)が利用される。

【0044】モータの低速領域又は初期駆動時には、信号注入部44aは、所定の信号をd軸磁束に注入することによって、同期リラクタンスモータから電圧積分により観測されるq軸磁束値と同期リラクタンスモータの回転時に推定されるq軸磁束値との差( $\Delta\lambda_q$ )を求める。上記の所定の信号は、実験により算出された好適値(Preference value)であって、上記の差値( $\Delta\lambda_q$ )がない場合の値である。上記の観測されるq軸磁束の値と推定されるq軸磁束値との差( $\Delta\lambda_q$ )が"0"である場合は、モータの低速制御時に、その推定誤差がないことを意味する。

【0045】しかし、上記の差値( $\Delta\lambda_q$ )が発生すると、これを補正するための一連の制御過程により低速制御に適合した位置情報の磁束角( $\theta_{e1}$ )を求めることになる。

【0046】次いで、高周波濾波器44bは、信号注入部44aから出力された信号中DC成分の信号を除去するために、フィルタリングを遂行した後、その結果値を復調部44cに出力する。復調部44cは、q軸磁束値の差である磁束誤差から位置誤差に比例する値を求めるために上記の※50

\*ンスモータの高速制御を遂行する。

【0039】この時、上記の実際磁束( $\lambda_{\alpha\beta}$ )及び推定値磁束( $\lambda_{dqe}$ )を利用して上記の磁束角( $\theta_{eh}$ )に相応する正弦値(Sine value)及び余弦値(Cosine value)を求める式は次のようである。

【0040】

【数5】

※結果値の入力を受けて復調を遂行した後、再びDC成分の信号を算出し、上記の低周波濾波器44dは、前記のDC成分の信号中エラー成分(高調波成分)を除去して完全なDC成分の信号を導出するためにフィルタリングを遂行した後、PI制御部44eに出力する。低周波濾波器44dの出力のDC成分の信号はモータの低速制御における位置情報(位置誤差)である。次いで、PI制御部44eは、導出された上記のDC成分の信号に対してPI制御を遂行して積分することにより、モータの低速制御による速度情報の推定値速度( $\omega_{e1}$ )を求める。第2積分器44fは、この推定値速度( $\omega_{e1}$ )の入力を受けて積分を遂行した後、モータの低速制御による位置情報の推定値磁束角( $\theta_{e1}$ )を求める。この推定値磁束角( $\theta_{e1}$ )は、後述する切換部(スイッチング部)44-1bを経て、同期/停止座標変換部38に出力される。

【0047】結局、低速制御部44は、モータの低速領域又は初期駆動時に、上記のq軸磁束値の差( $\Delta\lambda_q$ )を"0"になるようにすることによって、低速で安定した速度制御を遂行するようにする。

【0048】以下、同期リラクタンスモータ41を低速領域から高速領域に、又は、高速領域から低速領域に切り換えときの制御(モータの連動制御)時にモータの全体システムに印加される電圧/電流の増分が急に上昇する過度現象を防止して安定的にモータの高速と低速の連動制御を遂行するための過度状態安定化部44-1の動作について説明する。

【0049】先ず、モータ速度の連動制御時、速度比率調整部44-1aは、位置推定部45から高速制御時に推定されて出力された回転子の回転速度( $\omega_{ne}$ )とPI制御部44eから出力された低速制御時に推定されて出力された回転子の回転速度( $\omega_{e1}$ )とを比較して、低速制御を行うか又は、高速制御を行うかを決定して、高速領域から低速領域に、又は、低速領域から高速領域に変わるときに所定期間の重複区間を置くことによって、モータから発生する不安定な過度現象を安定化させる役割を遂行するようになる。

【0050】このため、比較速度調整部(44-1a)は、モータの回転時に、高速制御時の推定回転速度( $\omega_{ne}$ )と低速制御時の推定回転速度( $\omega_{el}$ )とを比較することによって、高速制御から低速制御に、またはその反対に制御を遂行する場合、それによる過渡状態を安定化させるための制御を遂行する。即ち、比較速度調整部(44-1a)は、例えば、高速制御から低速制御に変わるときに、前記の位置推定部から推定された速度情報である $\omega_{ne}$ 及びPI制御部(44e)からの速度情報( $\omega_{el}$ )の入力を受けて、一定期間の間、それらを重複させながら上記の2つの速度情報を比較して、この比較値により第2積分器(44f)に出力する。

【0051】次いで、第2積分器44fは、PI制御部44eと速度比率調整部44-1aから入力された速度情報を積分して、信号切換え部44-1bに出力する。信号切換え部44-1bは、上記の速度情報の入力を受けてモータの低速制御又は高速制御のための切換えを遂行した後、低速制御による位置情報( $\sin\theta_{el}$ 、 $\cos\theta_{el}$ )又は、高速制御による位置情報( $\sin\theta_{eh}$ 、 $\cos\theta_{eh}$ )のいずれかを同期/停止座標変換部38に出力する。

【0052】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る同期リラクタンスモータにおいては、モータの回転子位置検出センサを使用せずに回転子速度制御を行うとき、負荷の変動に対して速度制御の精密度を維持させるために低速と高速領域とを分離して制御し得るという効果がある。

【0053】又、本発明に係る同期リラクタンスモータの回転速度制御装置においては、上記の高速領域又は低速領域でモータを制御して、低速から高速に変る過程で発生する過渡状態を抑制してその移行を円滑にして、安定した速度制御の性能を発揮させることによって、同期リラクタンスモータをより精密な速度制御に適用し得るという効果がある。

【0054】また、本発明に係る同期リラクタンスモータの回転速度制御装置においては、磁気的モデリング(Magnetic modeling)を利用して電流変化により変化するインダクタンスに対して線形制御を可能にすることによって、冷蔵庫及びエアコンのコンプレッサのような回転子の位置検出をすることが難しい機器のモータの回転

速度を精密に制御し得るという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る同期リラクタンスモータの回転速度制御装置の構成を示したブロック図である。

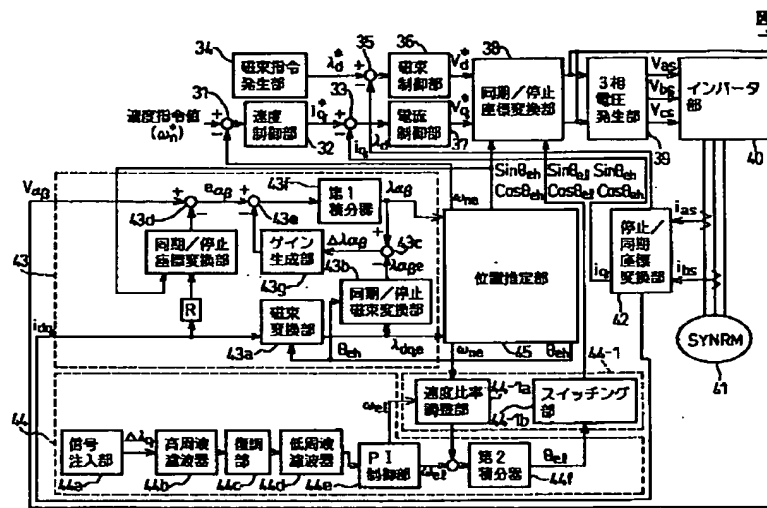
【図2】同期リラクタンスモータの電流に対する磁束の特性を示したグラフである。

【図3】従来の同期リラクタンスモータの回転速度制御装置の構成を示したブロック図である。

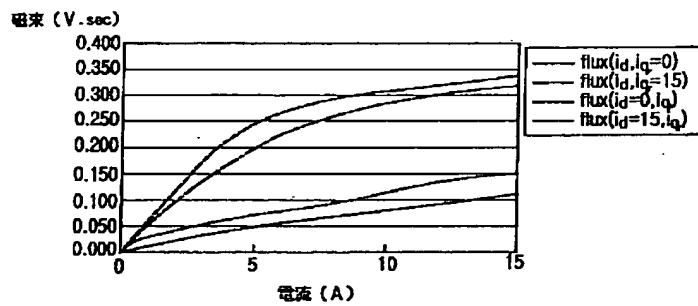
【符号の説明】

- 10 31…第1比較部
- 32…速度制御部
- 33…第2比較部
- 34…磁束指令発生部
- 35…第3比較部
- 36…磁束制御部
- 37…電流制御部
- 38…同期/停止座標変換部
- 39…3相電圧発生部
- 40…インバータ部
- 20 41…同期リラクタンスモータ
- 42…停止/同期座標変換部
- 43…磁束観測部
- 43a…磁束変換部
- 43b…同期/停止磁束変換部
- 43c…第5比較部
- 43d…減算部
- 43e…第4比較部
- 43f…第1積分器
- 43g…ゲイン生成部
- 30 44…低速制御部
- 44a…信号注入部
- 44b…高周波濾波器
- 44c…復調部
- 44d…低周波濾波器
- 44e…PI制御部
- 44f…第2積分器
- 44-1…過渡状態安定化部
- 44-1a…速度比率調整部
- 44-1b…スイッチング部
- 40

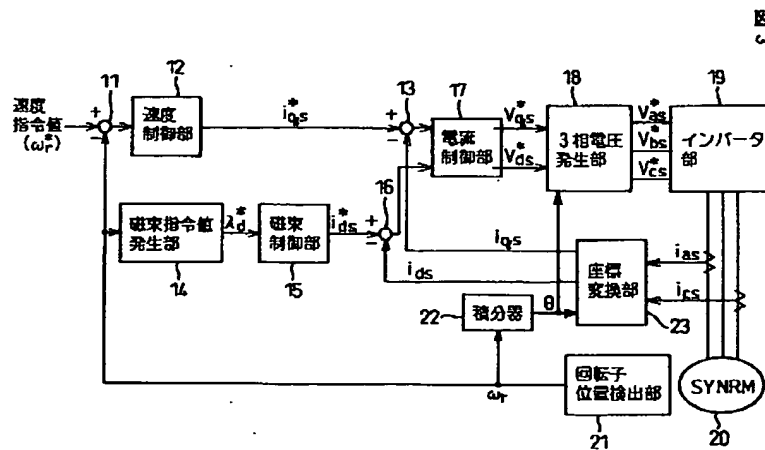
【図1】



【図2】



【図3】





## フロントページの続き

(72)発明者 オー ジェーユーン  
大韓民国, ソウル, ヨウンドゥンボーク,  
ダンサン 2-ストリート, 68

(72)発明者 リー キュン フーン  
大韓民国, ソウル, ドンジャク-グ, シン  
デバン-ドン, 364-91

Fターム(参考) 5H576 AA20 BB10 DD05 DD09 EE01  
EE11 GG01 GG02 HB02 JJ03  
JJ04 JJ06 JJ24 JJ26 LL14  
LL22 LL34 LL46